

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

NOTES DESCRIPTIVES

INTRODUCTION

Cette carte de l'intensité de la rétrodiffusion acoustique est le résultat de plusieurs levés effectués entre 1997 et 2006, qui utilisaient des systèmes de bathymétrie multifaisceaux pour cartographier le fond marin de l'estuaire du Saint-Laurent. Une mission scientifique, menée en 2006, a recueilli des données géophysiques et géologiques pour aider à l'interprétation, incluant des profils de sismique-réflexion de très haute résolution, des données de sonar à balayage latéral, des échantillons de benne et de carottier à gravité, ainsi que des photographies (Campbell, 2007). Cette carte montre l'intensité de la rétrodiffusion dans l'estuaire moven du Saint-Laurent entre l'île aux Coudres et l'île Verte, au sud-ouest de la rivière Saguenay. Une image à relief ombré des données de bathymétrie multifaisceaux est montrée en transparence afin de rehausser la topographie. Cette carte accompagne une carte de la géologie des sédiments superficiels (2161A) de l'ensemble de l'estuaire (voir Pinet et al., 2011). ACQUISITION DES DONNÉES Les données bathymétriques multifaisceaux ont été acquises par le Service hydrographique du Canada à bord du navire de la Garde côtière canadienne (NGCC) Frederick G. Creed, en utilisant les systèmes

de sondage multifaisceaux Kongsberg EM1000 (avant 2005) et Kongsberg EM1002 (à partir de 2005), et

de la vedette hydrographique Guillemot, en utilisant les systèmes de sondage multifaisceaux Kongsberg EM3000 (avant 2005) et Kongsberg EM3002 (à partir de 2005). Le système de sondage Kongsberg EM1000 déploie 60 faisceaux d'une largeur transversale et longitudinale de 2,5° à une fréquence de 95 kHz et avec une ouverture angulaire maximale de 150°. Le système de sondage Kongsberg EM1002 déploie 111 faisceaux d'une largeur transversale et longitudinale de 2° à une fréquence de 95 kHz et avec une ouverture angulaire maximale de 150°. Le système de sondage Kongsberg EM3000 déploie 127 faisceaux d'une largeur de 1,5° à une fréquence de 300 kHz et avec une ouverture angulaire maximale de 120°. Le système de sondage Kongsberg EM3002 déploie 160 faisceaux d'une largeur de 0,5° à une fréquence de 300 kHz et avec une ouverture angulaire maximale de 120°. La fréquence d'acquisition varie de 0,5 à 12 impulsions par seconde pour les systèmes EM1000/EM1002 et de 5 à 30 impulsions par seconde pour les systèmes EM3000/EM3002. La majorité des données bathymétriques ont été acquises à l'aide du système Kongsberg EM1002. Des profils de vitesse de propagation du son dans l'eau ont été enregistrés quotidiennement, ou plus fréquemment lorsque la situation l'exigeait, à l'aide d'un profileur marin dynamique. Les corrections de la vitesse de propagation du son ont été appliquées en temps réel afin de calculer adéquatement les profondeurs d'eau. Toutes les données bathymétriques ont été réduites (marées et niveaux d'eau) par . rapport à la référence verticale du Service hydrographique du Canada. Les données ont ensuite été traitées et une grille de données a été assemblée par Tekmap Consulting (rapport non publié, 2009). Malgré ces corrections, des artefacts liés à l'acquisition des données ou à leur traitement sont présents dans l'image de l'intensité de la rétrodiffusion et les zones de recouvrement des lignes de levé sont clairement identifiables dans certaines parties de la carte. Les courbes topographiques générées à partir des données de bathymétrie multifaisceaux sont indiquées en blanc à des intervalles de profondeur de 10 m. Les courbes bathymétriques en dehors de l'aire du levé (en bleu) sont extraites des cartes du Service hydrographique du Canada. INTENSITÉ DE LA RÉTRODIFFUSION L'intensité de la rétrodiffusion acoustique est une mesure de l'intensité de l'onde sonore qui est retournée

au récepteur par réflexion acoustique et diffusion, dans la colonne d'eau, au contact eau-sédiment (diffusion de surface) et au sein des sédiments (diffusion de volume) (Jackson et al., 1986; Ferrini et Flood, 2006). L'intensité de la rétrodiffusion dépend de plusieurs paramètres physiques incluant la rugosité du fond marin insonifié par le faisceau, la densité des sédiments et leur vitesse acoustique. Une relation générale entre l'intensité de la rétrodiffusion et la rugosité du fond marin peut être appliquée pour la caractérisation rapide des sédiments de surface. Les sédiments grossiers (gravier) forment généralement des surfaces rugueuses caractérisées par des fortes valeurs de rétrodiffusion, alors que les sédiments plus fins forment des surfaces plus régulières ayant des intensités de rétrodiffusion plus faibles (Courtney et Shaw 2000). Cette relation générale doit être appliquée avec prudence car la présence de gaz près de la surface (Borgeld et al., 1999; Fonseca et al., 2002; Naudts et al., 2008), la géologie de sous-surface ainsi que la bioturbation (Urgeles et al., 2002) peuvent affecter les propriétés de densité et de vitesse acoustique des sédiments et donc l'intensité de la rétrodiffusion (Ferrini et Flood, 2006).

DISTRIBUTION DES VALEURS DE L'INTENSITÉ DE LA RÉTRODIFFUSION Les faibles valeurs de l'intensité de la rétrodiffusion sont indiquées par des couleurs allant de blanc à vert et les fortes valeurs, par des couleurs allant de bleu à noir. Les échantillons et les photos du fond marin recueillis en 2006 (Campbell, 2007) permettent de faire le lien entre la nature des sédiments superficiels et les valeurs de l'intensité de la rétrodiffusion. Les faibles valeurs de l'intensité de la rétrodiffusion sont principalement situées au niveau de champs de dunes de dimensions variables et orientées parallèlement à l'axe du chenal Laurentien. Les analyses granulométriques des échantillons de benne prélevés au sein des champs de dunes correspondent à celles de sable. Des faibles valeurs de l'intensité de la rétrodiffusion sont également associées à des barkhanes et aux matériaux de remplissage sableux de dépressions topographiques. Les zones caractérisées par des valeurs intermédiaires de l'intensité de la rétrodiffusion sont situées en bordure des zones à faible rétrodiffusion, ainsi que dans un secteur au large de La Malbaie. Deux échantillons prélevés dans des zones à valeurs intermédiaires de l'intensité de la rétrodiffusion correspondent à des sables avec une composante silteuse supérieure à 10 %. La plus grande partie de l'estuaire moyen du Saint-Laurent est caractérisée par de fortes valeurs de l'intensité de la rétrodiffusion. Les échantillons disponibles dans ces zones à forte rétrodiffusion (N = 5) correspondent à des dépôts de mouvement gravitaire ou à des secteurs ayant une signature morphologique irrégulière (sédiments pré-holocènes et de l'Holocène précoce de Pinet et al., 2011). Les échantillons sont caractérisés par un contenu en gravier significatif (>29 %).

### REMERCIEMENTS Nous remercions les officiers et l'équipage du NGCC Frederick G. Creed et du NGCC Matthew, ainsi que

le personnel du Service hydrographique du Canada pour leur professionnalisme et leur soutien. Ce travail a été mené dans le cadre du projet OM7700 de la Commission géologique du Canada. Nous remercions J. Shaw et S. J. Paradis pour leur révision critique de cette carte.

## DESCRIPTIVES NOTES

INTRODUCTION

This backscatter strength map is the product of several surveys conducted between 1997 and 2006 that used multibeam bathymetry systems to map the St. Lawrence River estuary seafloor. A scientific survey conducted in 2006 collected geophysical and geological data for interpretation, including very highresolution seismic-reflection profiles, sidescan data as well as grab, gravity core, and camera samples (Campbell, 2007). This map sheet displays backscatter intensity of the middle St. Lawrence River estuary from Île aux Coudres to Île Verte, southwest of the Saguenay River. A shaded-relief image of the multibeam bathymetry data is shown in transparency in order to enhance topography. This map accompanies a surficial geology map (2161A) of the entire Estuary (see Pinet et al., 2011). DATA COLLECTION Multibeam bathymetric data were collected by the Canadian Hydrographic Service onboard the

Canadian Coast Guard Ship (CCGS) Frederick G. Creed using multibeam bathymetry systems Kongsberg EM1000 prior to 2005 and Kongsberg EM1002 since 2005, as well as the hydrographic launch Guillemot using multibeam bathymetry systems Kongsberg EM3000 before 2005 and Kongsberg EM3002 since 2005. The multibeam system EM1000 operates with 60 beams, at a transverse and longitudinal beam width of 2.5° at a frequency of 95 kHz, over an arc with a maximum angle of 150°. The multibeam system EM1002 operates with 111 beams, at a transverse and longitudinal beam width of 2° at a frequency of 95 kHz, over an arc with a maximum angle of 150°. The EM3000 multibeam system operates with 127 beams, at a transverse and longitudinal beam width of 1.5° at a frequency of 95 kHz, over an arc with a maximum angle of 120°. The EM3002 multibeam system operates with 160 beams, at a transverse and longitudinal beam width of 0.5° at a frequency of 300 kHz, over an arc with a maximum angle of 120°. The acquisition rate varies between 0.5 and 12 pings per second for the EM1000/EM1002 multibeam systems and between 5 and 30 pings per second for the EM3000/EM3002 systems. The majority of bathymetric data were collected with the Kongsberg EM1002 system. The sound velocity profiles of the water column were measured daily or more often when necessary during multibeam data collection using a moving vessel profiler. Corrections for sound velocity were applied in real time to ensure accurate water-depth calculations. All the bathymetric data were levelled (tides and water level) using the Canadian Hydrographic Service vertical reference. The data were further processed and gridded by Tekmap Consulting (unpub. report, 2009). Despite these corrections, artifacts related to data collection and processing still exist within the backscatter intensity image and the overlap area of survey track lines are clearly identifiable in some parts of the mapped area. Topographic contours generated from the multibeam bathymetry data are shown in white at a depth interval of 10 m. Bathymetric contours outside the survey (in blue) are from the Canadian Hydrographic Service maps.

BACKSCATTER STRENGTH Backscatter strength is a measure of sound intensity that is returned to the receiver by acoustic reflection and scattering, occurring within the water column, at the sediment-water interface (interface scattering) and from within the sediment (volume scattering) (Jackson et al., 1986; Ferrini and Flood, 2006). Backscatter intensity depends on several physical parameters including the roughness of the seafloor ensonified by the beam, the density of sediments, and their acoustic velocity. A general correspondence between backscatter intensity and surficial roughness can be applied for cursory sediment characterization. Coarse sediments (gravel) tend to form rough seabed and return high-intensity backscatter signals, whereas finer grained sediments form smooth surfaces with lower backscatter intensity (Courtney and Shaw, 2000). Care must be taken before applying this general relationship since the presence of near surface gas (Borgeld et al., 1999; Fonseca et al., 2002; Naudts et al., 2008), subsurface geology, as well as bioturbation (Urgeles et al., 2002) can affect the density and sound velocity properties of the sediment and therefore the backscatter intensity (Ferrini and Flood, 2006). BACKSCATTER DISTRIBUTION

Low backscatter intensity values are white to green and high backscatter intensity values are blue to black. Seafloor samples and photographs collected in 2006 (Campbell, 2007) provide the critical link between the lithology of surficial sediments and backscatter intensity values. Low backscatter values are mainly located within dune fields of various dimensions oriented parallel to the axis of the Laurentian Channel. Grain-size analyses of grab samples collected over these dune fields indicate that they correspond to sand. Low backscatter values are also associated with barchans and with the infill of bathymetric lows. Areas of intermediate-backscatter values are located at the proximity of low-backscatter zones as well as off La Malbaie. Two samples collected in the intermediate backscatter value areas correspond to sand with a silt content greater than 10%. The majority of the middle St. Lawrence River estuary is characterized by high backscatter values. Available samples (N = 5) in high backscatter zones are located either in mass-transport deposits or close to areas characterized by a hummocky morphological signature (pre-Holocene to earliest Holocene sediments of Pinet et al., 2011). Samples are characterized by a significant gravel content (>29%).

### ACKNOWLEDGMENTS The authors thank the officers and crew of the CCGS Frederick G. Creed and CCGS Matthew, as well as

the personnel of the Canadian Hydrographic Service for their professionalism and support. This work has eological Survey of Canada. J. Shaw and S. J. Paradis are acknowledged for their formal review of this map.

# SYMBOLS Localisation des échantillons ou des photographies/Sample or photograph location Photographie du fond marin (voir figures)/Seafloor photograph (see figures) . . 10

Intensité approximative de la rétrodiffusion (dB)/Approximate backscatter strength (dB)

## RÉFÉRENCES/REFERENCES

Borgeld, J.C., Hughes Clarke, J.E., Goff, J.A., Mayer, L.A. et/and Curtis, J.A., 1999. Acoustic backscatter of the 1995 flood deposit on the Eel Shelf; Marine Geology, v. 54, p.197–210. Campbell, D.C., 2007. CCGS Matthew expedition 2006-054: Regional groundtruth survey of the St. Lawrence estuary, October 15 – Nov 7, 2006; Geological Survey of Canada, Open File 5530, 65 p. Courtney, R.C. et/and Shaw, J., 2000. Multibeam bathymetry and backscatter imaging of the Canadian continental shelf; Geoscience Canada, v. 27, p. 31–42. Ferrini, V.L. et/and Flood, R.D. 2006. The effects of fine-scale surface roughness and grain size on 300 kHz multibeam backscatter intensity in sandy marine sedimentary environments; Marine Geology, v. 228, p. 153–172. Fonseca, L., Mayer, L.A., Orange, D. et/and Driscoll, N., 2002. The high frequency backscattering angular response of gassy sediments: model/data comparisons from the Eel River Margin, California; Journal of the Acoustical Society of America, v. 111, p. 2621–2631. Jackson, D.R., Winebrenner, D.P. et/and Ishimaru, A., 1986. Application of the composite roughness model to highfrequency bottom backscattering; Journal of the Acoustical Society of America, v. 79, p. 1410–1422. Naudts, L., Greinert, J., Artemov, Y., Beaubien, S.E., Borowski, C. et/and De Batist, M., 2008. Anomalous sea-floor backscatter patterns in methane venting areas, Dnepr paleo-delta, NW Black Sea; Marine Geology, v. 251, p. 253–267. Pinet, N., Brake, V., Campbell, C., Duchesne, M., Gagné, H. et/and Bolduc, A., 2011. Géologie des sédiments superficiels et relief ombré du fond marin, estuaire du Saint-Laurent, Québec; Commission géologique du Canada, Carte 2161A, échelle 1/250 000/Surficial geology and shaded seafloor relief, St. Lawrence River estuary, Quebec; Geological Survey of Canada, Map 2161A, scale 1:250 000. doi:10.4095/289287 Urgeles, R., Locat, J., Schmitt, T. et/and Hughes Clarke, J.E., 2002. The July 1996 flood deposit in the Saguenay Fjord, Quebec, Canada: implications for sources of spatial and temporal backscatter variations; Marine Geology, v. 184, p. 41–60.

#### Notation bibliographique conseillée : Brake, V., Pinet, N., Campbell, C., Duchesne, M. et Bolduc, A., 2011. Intensité de la rétrodiffusion et relief ombré du fond marin, Île aux Coudres–Île Verte, Québec/Backscatter strength and shaded seafloor relief, Île aux Coudres-Île Verte, Quebec; Commission géologique du Canada, Carte 2160A, échelle 1/100 000. doi:10.4095/289286

Recommended citation: Brake, V., Pinet, N., Campbell, C., Duchesne, M., and Bolduc, A., 2011. Backscatter strength and shaded seafloor relief, Île aux Coudres–Île Verte, Quebec/Intensité de la rétrodiffusion et relief ombré du fond marin, Île aux Coudres–Île Verte, Québec; Geological Survey of Canada, Map 2160A, scale 1:100 000. doi:10.4095/289286